

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07248397 A**

(43) Date of publication of application: **26.09.95**

(51) Int. Cl.
G21C 19/02
B23K 26/06
B23K 26/08

(21) Application number: **06038663**

(22) Date of filing: **09.03.94**

(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**

(72) Inventor:
ITO ARATA
SHIMIZU MITSUKO
AOKI NOBUTADA
MUKAI SHIGEHICO
OBATA MINORU
SATO KATSUHIKO

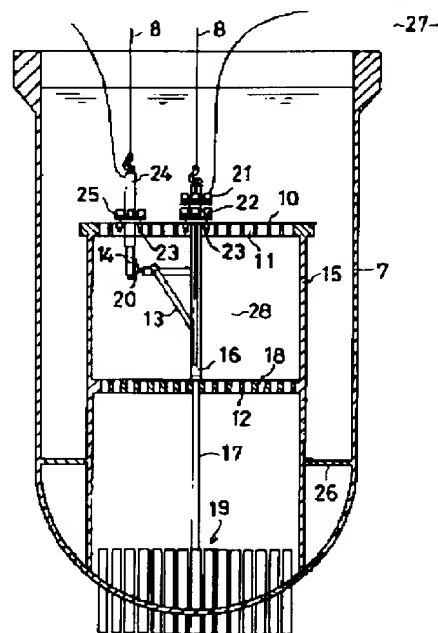
(54) **REPAIRING METHOD FOR NUCLEAR
REACTOR INSIDE STRUCTURE AND DEVICE
THEREFOR**

(57) Abstract

PURPOSE: To dispense with recovery of a shot, eliminate generation of dust by the shot, and easily reform a surface so that a stress condition of a nuclear reactor inside structure is put in a compressive stress condition.

CONSTITUTION: A vertically freely movable and freely rotatable folding-up type arm 13 is installed in an upper grid plate under side chamber 28 by passing through an upper grid plate opening part 11 by suspending it by a wire 8 from an upper part of a nuclear reactor pressure vessel 7. A laser radiating device is installed on an installing stand 20 of this arm 13. A repairing work device 14 for delivery is arranged on the installing stand 20, and a pulse laser beam of visible light is radiated by the laser radiating device while scanning a prescribed range by a prescribed range, and laser work is performed on an inside surface of a shroud 15.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-248397

(43) 公開日 平成7年(1995)9月26日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 2 1 C 19/02	J			
B 2 3 K 26/06	A			
26/08	B			

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平6-38663

(22) 出願日 平成6年(1994)3月9日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 伊藤 新

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 清水 みつ子

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 青木 延忠

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 弁理士 猪股 祥晃

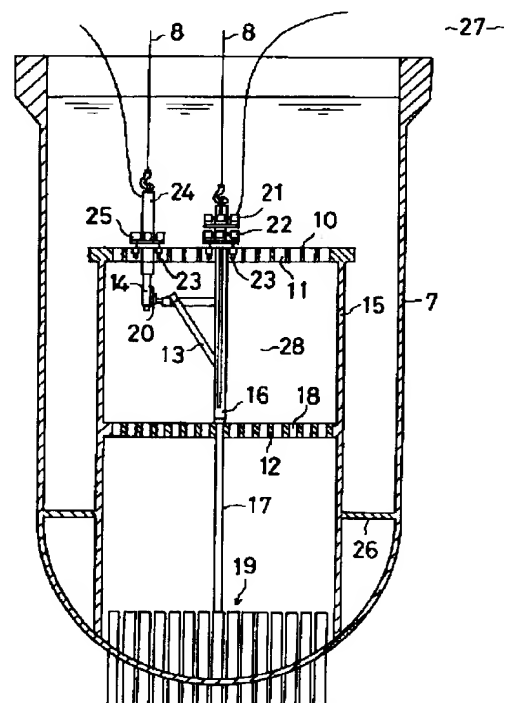
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 原子炉内構造物の補修方法およびその装置

(57) 【要約】

【目的】 ショットの回収が不要で、ショットによる粉塵発生がなく、原子炉内構造物の応力状態を圧縮応力状態に容易に表面改質できる。

【構成】 原子炉圧力容器7の上部からワイヤ8で吊り下げ上部格子板開口部11を通過させて、上下動自在で回転自在の折りたたみ式アーム13を上部格子板下方室28に設置する。このアーム13の取り付け台20にレーザー照射装置を取付ける。また、取り付け台20に受け渡しする補修作業装置14を設け、前記レーザー照射装置で可視光のパルスレーザー光を所定範囲ずつ走査しながら照射してシユラウド15の内面をレーザー加工する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 原子炉圧力容器内の構造物に対向して上下動自在でかつ回転自在のアームを取り付け、このアームの先端部に取り付け台を設け、この取り付け台にレーザー照射装置を取り付け、このレーザー照射装置で可視光のバルスレーザー光を所定範囲ずつ走査しながら照射して前記原子炉圧力容器内の構造物をレーザー加工することを特徴とする原子炉内構造物の補修方法

【請求項2】 原子炉圧力容器内の構造物に対向して設けたレーザー照射装置と、このレーザー照射装置に設けられた可視光のバルスレーザーを所定範囲ずつ走査する手段と、前記レーザー照射装置を取り付ける上下動自在でかつ回転自在のアームの取り付け台と、この取り付け台に受け渡される遠隔補修装置とを具備したことを特徴とする原子炉内構造物の補修装置

【請求項3】 前記レーザー照射装置は光ファイバーから送られてくるレーザー光を反射させる反射鏡を長手方向および幅方向に掃引する長手方向掃引ユニットおよび幅方向ユニットと、これらユニットを駆動する駆動機構とからなることを特徴とする請求項2記載の原子炉内構造物の補修装置

【請求項4】 前記レーザー光を一定範囲ずつ走査する手段はカルパコミラー機構またはポリゴンミラー機構からなることを特徴とする請求項2記載の原子炉内構造物の補修装置

【請求項5】 前記レーザー光を一定範囲ずつ走査する手段は複数の反射鏡で反射させて被加工物面に導く直線運動の駆動源に水圧シリンダを設けかつ旋回駆動源に組歯車を設けてなることを特徴とする請求項2記載の原子炉内構造物の補修装置

【請求項6】 原子炉圧力容器の上部からソケットより吊り下り、炉心中心部の上部格子板間孔部を通過させ、炉心支持板にリンク式アームを設け、このリンク式アームに可視光のバルスレーザー光を一定範囲ずつ走査しながら照射するレーザー照射装置を設けてなることを特徴とする原子炉内構造物の補修装置

【請求項7】 前記可視光のバルスレーザー光を一定範囲ずつ走査手段としてカルパコミラー機構、ポリゴンミラー機構、レーザー出射孔を回転させる機構、水圧アクチュエータで直直運動させる機構の少なくとも一つを組み合わせてなることを特徴とする請求項6記載の原子炉内構造物の補修装置

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は軽水冷却型原子炉において原子炉圧力容器内に設置されている原子炉内構造物の補修方法およびその装置に関する

【0002】

【従来の技術】 軽水冷却型原子炉の炉内構造物はオーステナイト系ステンレス鋼あるいはニッケル基合金などの

高温高圧水環境下において十分な耐食性と高温強度を有する材料で構成されている。

【0003】 しかしながら、交換不可能な部材に対しては、ランニングの長年に亘る運転により長期間高温高圧環境中に曝され、しかも、炉心、炉心などの炉心材料は中性子照射を受けるため、それらが原因となって起る材料劣化の問題が懸念されている。特に炉内構造物の溶接部近傍は溶接入熱による材料の鋭敏化および引張り残留応力が形成されているため潜在的な応力腐食割れ発生の危険性を有している

【0004】 最近、ランニングの運転期間の長期化に対応して予防保全技術対策として種々の材料表面改質技術の開発が行われている。その一つとして表面残留応力を積極的に引張りから圧縮に変えることによって応力腐食割れを未然に防止するための対策手法の開発が行われている

【0005】 たとえば、超音波エコー法あるいはウォータージェット研磨（水ビーム）などの方法による表面残留応力改善技術の開発が行われている

【0006】 ジョイントヒールリングは0.3～1.7mm程度の鋼球を高圧空気あるいは遠心力を利用して加圧し、鋼球の運動エネルギーにより施工部表面を塑性変形させることにより表面に圧縮残留応力を形成する技術である

【0007】 また、ウォータージェット研磨は、1000気圧程度の超高圧水をノズル先端より噴射し水撃作用およびキャビテーションが破壊する際の衝撃波により表面に圧縮残留応力を形成する技術である。いずれも水中での施工により応力腐食割れに対する有効性が実証され一部実用化されている。

【0008】 一方、従来のレーザーを用いた金属材料の表面処理法としては、加熱による焼き入れ、焼きなまし、表面溶融硬化によるクレータリング（非晶質化）、アロイイネーク（合金層形成）、クラックゲーティング（高融点材料のクラックフィリング）、瞬間的な蒸発による衝撃硬化がある。これらはそれぞれ材料の表面硬度を制御する処理であつたり、耐磨耗性、耐衝撃性、耐腐食性等を向上させることが目的である。

【0009】 軽水冷却原子炉の原子炉上部室に設置されるシュラウドと原子炉容器の間にある機器および両者の表面の健全性を点検するためにバネまたは棒の先端に水中カメラを取り付けた装置が、目視点検用として用いられているが、構造物の表面応力状態を変える作業は行われていない

【0010】 また、さらに自由度の高い目視点検用の水中遊泳式の点検ロボットが用いられている。しかし、これも目視点検用であり、構造物の表面応力状態を変える作業は行われていない

【0011】

【発明が解決しようとする課題】 ジョイントヒールリングを用いてシュラウドと原子炉圧力容器の間のアロイイネーク部

などの狹隘部の構造物の表面残留応力を改善する際には、ジョイントの完全回収が困難である。また、大気中で施工する場合には粉塵の発生等の問題が生じ、困難な作業となる課題がある。

【0012】ウォーク・イン・リターン・システムを用いて、構造物の表面応力状態を変える作業を行う場合、ジョイント反力が発生するため、狹隘場所で遠隔操作により精密な表面応力状態を変える作業を行う自動化機器を開発することは、きわめて難しい課題がある。

【0013】本発明は上記課題を解決するためになされたもので、ジョイントの回収が不要で、ジョイントによる粉塵発生のための作業環境の悪化がなく、反力補償の必要がない金属表面の応力状態変化を行うことができる原子炉内構造物の補修方法およびその装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は原子炉圧力容器内の構造物に対向して上下動自在かつ回転自在のアームを取り付け、このアームの先端部に取り付け台を設け、この取り付け台にレーザー照射装置を取り付け、このレーザー照射装置を可視光のバルスレーザー光を所定範囲で走査しながら照射して前記原子炉圧力容器内の構造物をレーザー加工することを特徴とする。

【0015】また本発明は原子炉圧力容器内の構造物に対向して設けたレーザー照射装置と、このレーザー照射装置に設けられた可視光のバルスレーザーを所定範囲で走査する手段と、前記レーザー照射装置を取り付ける上下動自在かつ回転自在のアームの取り付け台と、この取り付け台に受け渡しされる遠隔補修装置とを具備したことを特徴とする。

【0016】さらに、本発明は原子炉圧力容器の上部からワイヤで吊り上げ、かみ中心部の上部格子板開孔部を通過させ、かみ支持板にリンク式アームを設け、このリンク式アームに可視光のバルスレーザー光を一定範囲で走査しながら照射するレーザー照射装置を設けてなることを特徴とする。

【0017】

【作用】ここで、本発明の基本原理を図19を用いて簡単に説明する。図19(a)は、透明液体1中に設置した被加工物2にバルスレーザー光3を照射した瞬間を模式的に示したものである。図19(b)は、バルスレーザー光3の照射が終わった後を示している。ここで使用する透明液体1は、レーザー光線の波長に対して透明であれば何れでも良い。

【0018】照射されている瞬間に被加工物2の表面ではバルスレーザー光3が吸収され、瞬時に極表面のみが加熱され、急激に蒸発し高温高压のプラズマ4が発生する。この瞬間的な高压プラズマ4の噴出によりその反力として衝撃力5が被加工物2に加えられる。この衝撃力5により被加工物2の表面は、圧縮され、塑性変形され

ることが基本的な現象理解である。

【0019】図19(b)は、レーザー照射が終わり、被加工物2の表面に塑性変形が起っていることを示したものである。これにより圧縮残留応力6が、被加工物2の表面に与えられる。

【0020】この現象が発生する場において、透明液体1は、その持つ慣性力により、発生したプラズマを閉じ込める効果がある。透明液体1中では、気中や真空中で照射する場合に比較して数10倍以上の衝撃力が得られる。また、透明液体1の冷却作用によりレーザー照射による熱影響を最小限にすることが可能である。本発明はこのようなして原子炉内構造物の被加工物表面に圧縮応力を残留させることにある。

【0021】バルスレーザー光3を照射する際に施工部表面にはプラズマ4の発生効率を高める目的および施工部材料の熱影響を低減する目的で、レーザー光を透過しない被覆層を形成すること施工上有効である。

【0022】材料に対してレーザー照射による入熱量が大きい場合、施工部表面が溶融あるいは金属組織に変化が発生し、それにより表面に圧縮ではなく引張り残留応力が形成される恐れがある。また施工部表面に十分な大きさの圧縮残留応力を形成するにはプラズマの単位時間および単位面積当りの密度を確保する必要がある。

【0023】したがって、施工部に対して直接レーザーを照射する場合は施工部材料により照射条件が限定され、しかも厳しい施工条件制御が要求される。それに対して適当な厚さのレーザー光を透過しない被覆層を形成すれば、被覆層材料がプラズマの供給源となるばかりでなく施工部材料の入熱量を極力低減する作用を兼ねることになり、施工裕度が広がるため実機施工上有利である。

【0024】被覆層の材料はレーザー光を吸収する材料であれば、絶縁体、半導体、金属にせよの種類でも良いが、非常に薄い被覆層は施工部表面に形成する必要から金属が有利である。形成方法としては金属薄膜を接着剤で張り付ける、物理蒸着、塗布等、何れの方法でも良い。

【0025】実際は、予防保全工法としてレーザーレーザーを適用する際にはプラズマの長期運転により原子炉内構造物表面は、酸化被膜で覆われている、均一な膜厚で表面被覆層を形成するためには膜の密着性を考慮し、研削等の手段で酸化被膜を除去する必要がある。

【0026】金属薄膜がAl、Sn、Inなどの低融点金属である場合には0.05から0.2mmでかつレーザー光照射面の近傍に対向した電極を設置し、これと被加工物間に直流またはレーザーパルス同期させた数10から数100ボルトの電圧を印加する。

【0027】この条件で照射することにより、材料に対する熱影響を極力小さく抑え、さらに、被覆層材料がプラズマ化するためレーザー照射後施工部表面には、被覆

10

20

30

40

50

層材料が残存せず施工後被覆材料除去工程が不要になるため工程の簡略化が計れる。

【0038】同様に被覆層材料がW、Mo、Ta、Nb、Ti、Zr、Hfなどの高融点あるいはステンレス、インコネルなどの内構造物と同一材料でも良い。その場合は、0.03以上0.15mm以上かつ上記と同様の条件で照射することにより同様な効果が得られることが実験的に確認されている。

【0039】白金、金、パラジウム、亜鉛が被覆層材料である場合には積極的にそれらの被覆層材料を残存させることにより、レーザー照射による残留応力改善効果ばかりでなく被覆層による耐食性改善効果が期待できるため、応力腐食割れ対策として非常に有効である。

【0040】その際の被覆層厚としては0.03mm以上が必要であるが0.25mm以上の場合には施工部表面に十分な圧縮残留応力が形成されないため膜厚の上限値は0.25mmである。

【0041】原子炉内構造物表面に形成されている酸化被膜を上記被覆膜として利用することにより同様な効果が得られることが実験的に明らかになった。その場合には被覆層を形成する必要がなく工程を簡略化でき、直接レーザー照射することによって表面残留応力改善を行うと共に酸化被膜を除去する効果が期待できる。

【0042】また、施工は通常大気中で行われるが水などのレーザー透過する媒体中で行う方が残留応力改善上有利である。大気中施工の場合はレーザー照射によって発生した高温高压のプラズマが分散する傾向があるが、水中で行った場合はプラズマの閉じ込め効果がある。

【0043】またかつて、その反作用により材料中に効果的に残留応力を形成することができた。原子炉内構造物に適用する場合には水中で施工することによって、残留応力改善効果が促進され施工の信頼性を確保する意味で有効である。

【0044】本発明は金属材料の表面残留応力を変化させる目的を達成するために、パルスレーザー装置とレーザー光を被加工物表面まで伝送し、照射する光学装置で構成されるレーザー加工機において、被加工物を透明液体中に設置し、被加工物表面上の照射位置を変えつつ照射し、被加工物表面に圧縮応力を残留させる。また、レーザー透過性の良い液体中で放射線遮蔽効果があり、安定性の高い水を用いることにある。

【0045】さらに、パルスレーザー光のパルス幅を10 psec以上、1 μsec以下とし、パルスレーザー光のパルスあたりのエネルギーEとパルス時間幅と被加工物上のレーザー照射点の面積Sとしたとき、 $10 < E/(t \times S) < 10^6$ [w/cm²] の条件を満足させることにある。

【0046】この限定は材料方面の残留応力を圧縮する

ために必要な条件であり、この条件を満たさない場合、表面残留応力として十分な圧縮が得られなかったり、熱影響による引張り応力のみの残留となることがある。詳細な照射条件は対象とする材料や必要な残留応力強度、応力変化を生じさせる深さ、許容できる熱影響部の厚さ等によって決められる。

【0047】以上の必要な照射条件を得るために、被加工物でのレーザー照射点の面積Sを変える目的でレーザー光を集光できる光学装置を備えたことを特徴とするものである。

【0048】レーザー照射面の近傍に対向した電極を設置し、これと被加工物間に直流もしくはパルスに同期させた数10から数100 Vの電圧を印加することにある。

【0049】これは、パルス幅が、十分短い等しいレーザー照射の条件によれば、材料極表層部に熱影響による引張り応力が残留する場合がある。この極表層部の厚さが許容できない場合には、被加工物レーザー照射面とその近傍に対向して設置した電極間をレーザーで制御した放電により熱影響部の除去を行う。

【0050】また同様の目的で、透明液体を電解液とし、その電解液中に被加工物を設置し、レーザー照射面に対向して負電極を設け、これと被加工物に直流もしくはパルスに同期させた数Vから数10Vの電圧を印加し電解研磨を行うことで、確実に圧縮応力の残留した表面を得ることができ、

【0051】本発明は、原子炉下部室のシェードと原子炉容器の間にあるシェードと原子炉容器の間に設けられた加工部、同加工部の表面、シェードと原子炉容器の管、シェードと原子炉容器の管等の表面改質、シェードの内面の表面改質、C/D Rハウジングの加工部の表面改質、シェードと原子炉容器の間のプラズマ部底面の隔壁表面の除染、シェードと原子炉容器の間の溶融による分解と溶接による組立てを含むシェードと原子炉容器の交換作業機器および両者の表面の補修を遠隔で行うことができ原子炉内容器の長寿命化をはかることができる。

【0052】施工面に被覆層を形成して材料に対する熱影響を極力抑え、かつ効果的にプラズマの発生をさせることおよび水中におけるプラズマ閉じ込め効果により被加工物表面の残留応力改善施工を効率的にしかも高い信頼性で実施できる。

【0053】さらに、レーザー照射により発生した衝撃力で被加工物表面に圧縮残留応力を与えることができ、レーザー光による作業のため、施工部を詳細に加工することが可能となる。また、作業時に反力が発生しないため、操作装置に全般的な負荷をかけることなく、装置の強度を高める必要もなく、取扱いの容易な装置が得られ、作業効率を高めることができる。

【0054】さらに、透明液体を熱的、化学的に安定な

10

20

30

40

50

水とすることで、より確実に被加工物表面に圧縮残留応力を与えることが可能になり、かつ、水の放射線遮蔽効果により放射性物質を被加工物にした場合にも安全な施工が可能になる。

【0045】レーザー照射条件を限定することで被加工物に対し確実に圧縮応力を残留させることが可能になる。レーザーまたは集光鏡により照射面積を小さくすることで、パルス当たりのレーザー出力が十分でない場合にも、圧縮応力を残留させることができる条件で照射することができる。

【0046】

【実施例】図1から図7を参照しながら本発明に係る原子炉内構造物の補修方法およびその装置の第1の実施例を説明する。

【0047】第1の実施例は図1に示したように、原子炉圧力容器7の上部からワイヤ8で吊り下げ、上部ケース16および下部ケース17をが心9の中心部の上部格子板10の開孔部11を通過させ、が心支持板12に上部ケース16を設置する。上部ケース16にはリンク式アーム13が付設されており、このリンク式アーム13の先端に取付けられたレーザー照射装置で可視光のパルスレーザー光を一定範囲ずつ掃動走査しながら照射して遠隔補修作業装置11とにより例えばシールド15の内面の加工を行う方法とその装置に関するものである。

【0048】図1は、本発明の第1実施例を示すシールド15内面補修ロボットに治工具を取付ける様子を示す概念図である。折りたたみ式アーム13を内蔵する上部ケース16と下部ケース17が天井クレーン（図示せず）よりワイヤ8で吊られ上部格子板10の開孔部11とが心支持板12の開孔部18に挿入され、が心9内の制御棒駆動装置ハウジング19に設置されている。

【0049】折りたたみ式アーム13には、図2に拡大して示したようにアーム30の先端部に補修作業装置取り付け台20が取付けられている。上部ケース16の上部には上部格子板10上に位置して上部ケース案内装置21と下部ケース案内装置22が取り付けられている。下部ケース案内装置22は、固定用脚23で上部格子板10に固定される。

【0050】補修作業ロボット搬送装置24は、天井クレーン（図示せず）からワイヤ8で吊られ上部格子板10の上面に固定用脚23で固定される。補修作業ロボット搬送装置24には、補修作業装置11が搭載されていて折りたたみ式アーム13の先端の補修作業装置取り付け台20に受け渡される構造になっている。

【0051】なお、図1中符号25は据付け案内装置、26は隔壁、27は原子炉が心、28は上部格子板上方案を示している。

【0052】図2は、シールド15の内面を補修するレーザー照射装置としてのレーザーシステム29の作業ユニット41の縦断面図である。折りたたみ式アーム13は、エアシリンダ29でアーム30を伸縮する構成になっている。ま

た、折りたたみ式アーム13は、ワイヤ31で滑車32を介してハインサー33と結合されている。

【0053】上部ケース案内装置21と下部ケース案内装置22にはそれぞれエアシリンダ34、35が設けられ、両装置21と22間には結合棒36が設けられている。図2中符号37は上部エアシリンダ、38は組歯車、39はギヤ、40は下部エアシリンダを示している。

【0054】つきに図3から図5によりレーザー光ガイド掃動走査型レーザーシステム29の作業ユニット41について説明する。この作業ユニット41は、長手方向掃引ユニット42、幅方向掃引ユニット43、取付け構造44および図4に示す光ファイバー接続構造45等で構成されている。

【0055】長手方向掃引ユニット42は、2枚の側板構造46を接続棒47とスクリーン48で接続し、組歯車49を介してスクリーン48を第1の駆動装置50で駆動する構成である。左右一対の第2の側板構造51、53に取付けられたボールネジ構造52とスクリーン48を嵌合し、幅方向掃引ユニット43を掃引する。

【0056】幅方向掃引ユニット43は、左右一対の第2の側板構造51、53を接続棒54とスクリーン55で接続し、組歯車49を介してスクリーン55を第2の駆動装置56で駆動し、枠構造57に取り付けられたボールネジ構造58とスクリーン55を嵌合し、枠構造57を掃引する構成である。

【0057】枠構造59には、集光反射鏡60、第1反射鏡61、第2反射鏡62、第3反射鏡63等で構成されている。光ファイバー接続構造45は、端部構造64に組リンダ65が押さえリング66を介してスパーサ67、押さえ板68で取り付けられた構造である。

【0058】光ファイバー接続構造45は、脱着可能な状態で長手方向掃引ユニット42の第1の側板構造46に取り付けられている。光ファイバー69から射出されたレーザー光70は、組リンダ71で平行光線とされ、3個の反射鏡と1個の集光反射鏡60で壁72の上に焦点が結ばれる長手方向掃引ユニット42に取り付けられた脚73で壁72との距離を一定に保持する。

【0059】取付け構造74は、長手方向掃引ユニット42の2枚の側板構造46に固定され、折りたたみ式アーム13のアーム30先端の補修作業ユニット取り付け台20と嵌合する構造である。

【0060】つきに上記第1の実施例において、X Y Z 3次元機構利用のレーザーシステム29の掃動走査および鋸削状走査する例を図6および図7により説明する。

【0061】図6はレーザーシステム29の掃動走査概念図である。集光反射鏡60を移動して幅方向掃引75をし、長手方向に掃引する方法の概念を示したものである。壁72の上のレーザー光スポット78をサークル形状で図示しているが、スポットの重なりを発生させない場合は、円形スポット形状を用いる。

【0062】光ファイバー接続構造45の押え板68の開孔を矩形とし、アパーチャとして用いる。図中、符号79は矩形中掃引軸跡である。図7はレーザー光源71を鋸歯波状に走査した場合の例を示している。図中符号80は鋸歯波状掃引軸跡である。

【0063】つぎに、図1から図5により本発明に係る第1の実施例の作用を説明する。軽水冷却原子炉の原子炉圧力容器7の蓋を取外し、原子炉圧力容器7の床面に遠隔から作業装置取扱い装置(図示せず)を設置し、点検・補修装置吊り込みクレーン(図示せず)で原子炉圧力容器7の上部に折りたたみ式アーム13を収納した上部ケース16およびその下端に接続される下部ケース17を吊り込み、上部格子板10の開孔部11および心支持板12の開孔部18を順次通過させ、下部ケース17の下端を心9の制御棒駆動装置ハウジング19に併合させ据付を終了する。

【0064】上部ケース16および下部ケース17が上部格子板10の開孔部11を容易に通過できるように上部ケース案内装置および下部ケース案内据付装置が上部ケース16および下部ケース17を軸方向に移動できる状態に取付けられ、上部ケース16および下部ケース17が上部格子板10の開孔部11を通過するに依り平面内の回転の位置合せを行う。

【0065】吊り降ろしを続け、下部ケース案内据付装置を固定用脚で上部格子板10を固定し、下部ケース17の下端を制御棒駆動装置ハウジング19に併合し、据付を終了する。

【0066】折りたたみ式アーム13を上部ケース16から上部格子板下方室8に展開し、上部ケース16内に取付けられているモータと組歯車を介して折りたたみ式アーム13に取り付けられている上部ケース16を回転し、折りたたみ式アーム13を所定方向に向ける。

【0067】折りたたみ式アーム13の先端に設けられた先端部(図2参照)を駆動し、アーム30を径方向に出し入れし、アーム30の先端に取付けられた補修作業ユニット取付け台20を径方向の所定の位置に設定する。

【0068】モータ39で組歯車38を駆動し、アーム30を上部格子板10の近くまで上昇させ、上部ケース16を回転しながらモータ29を駆動してアーム30を径方向に出し入れしてアーム30の先端に取付けられた補修作業ユニット取付け台20を所定の上部格子板10の開孔部11の下方に持つてゆく。

【0069】据付け案内装置25が取付けられた補修作業ユニット搬送装置21に補修作業ユニット11を収納した状態で、点検・補修装置吊り込みクレーン(図示せず)で原子炉圧力容器7に吊り込み、上部格子板10の開孔部11に据付け、据付け案内装置25に取付けられた固定用脚で上部格子板10に固定する。

【0070】補修作業ユニット11を補修作業ユニット搬送装置21の下方に押し出し、補修作業装置11の接続構造53(図4参照)と、折りたたみ式アーム13のアーム30の

先端の補修作業装置取付け台20を結合する。

【0071】結合が終了すると、補修作業ユニット搬送装置21の補修作業装置11の把持状態を解除する。この解除が終了すると、折りたたみ式アーム13を上部格子板下方室8内から元の位置に動かす。補修作業ユニット11を、図5ウ15の所定の位置に持つて行き、補修作業を行う。

【0072】補修作業装置11として点検・検査作業ユニット、溶接作業ユニット、EDM作業ユニット、グライズ作業ユニット、レーザービーム加工作業ユニット11等を用いる。

【0073】補修作業装置11としてレーザービーム加工作業ユニット等を用い、図5ウ15の溶接部の表面を引っ張り応力より圧縮応力状態に表面改質作業を行う。レーザービーム振動型レーザービーム加工作業ユニット41を用いての表面改質作業法を以下で説明する(図3、図4、図5、図6参照)。

【0074】折りたたみ式アーム13のアーム30の先端部に設けた補修作業ユニット取付け台20にレーザー光源71を振動型レーザービーム加工作業ユニット41の取付け構造41の併合部を結合し、アーム30を伸ばし、図5ウ15の溶接線等で表面に圧縮応力が発生している場所にレーザー光源71を移行し、そのユニット41の脚73を図5ウ15の表面に押し当てる状態で所定の位置に設定する。

【0075】溶接線部を表面改質する場合、長手方向掃引ユニット42を溶接線の方向に、幅方向掃引ユニット43を溶接線に垂直方向で掃引可能範囲内に溶接部がはまるように設定する。レーザー光70として繰り返し数 $\times 5$ KHzの銅蒸気レーザーを用いる。直径が0.3mm程度の光ファイバー69を用いる場合、光全系を用いることによりレーザー光70を0.3mm程度のスポット径77を絞ることができる。

【0076】図6は図3におけるレーザービーム加工作業ユニット41のXYスライダ機器利用のレーザー光源71の振動走査概念図で、Xは例えば長手方向掃引ユニット42を示し、Yは例えば幅方向掃引ユニット43を示す。

【0077】銅蒸気レーザーのパルス幅は、40nsec程度であり、レーザー光70の照射間隔200 μ secに比べ、照射されている時間は、無視できる長さである。幅方向の掃引75をレーザー光70の重なりが無い状態程度(図6参照)で行う場合、幅方向の掃引速度を1.5m/s程度にする必要がある。

【0078】長手方向の掃引76をレーザー光70の重なりが無い状態(図6参照)で行う場合、幅方向の掃引75時の照射数は200 μ secを乗じた時間毎に1.5m/s程度の掃引速度で0.5mm掃引する。

【0079】レーザー光70を円形とした場合、1.5m/s程度の速度で掃引すると、図6に示すようにレーザー光70の照射されない範囲が生じる。この範囲が発生

するのを防ぐ必要がある場合は、掃引速度を1.5m/s以上にしてレーザー光スポット78が一部重なるようにする。

【0080】または、光ファイバー接続構造15部にレーザー光70の光束断面形状を矩形にする光学系を入れて15部が0.3mmになるレーザー光スポット78にすると、1.5m/sの長手および幅方向の掃引を行うことにより一定幅と長さの範囲にパルスレーザー光70を1度照射することができ、

【0081】これにより現在入手可能な出力が500W程度の銅蒸気レーザーを用いて水中で表面改質補修（引っ張り応力状態より圧縮応力状態に変える補修）を行うことができる。

【0082】一定範囲の表面改質作業が終了すると、アーム30を多少縮め、溶接線に沿ってアーム30を移動し、表面改質が終了した範囲に引き続き表面改質作業ができる位置にレーザースポット揺動型レーザービーム加工作業ユニット11を設置し、上記の作業を繰り返す。

【0083】幅方向の掃引75は、駆動装置56を一定方向に回転させ、所定の幅の掃引が終了すると駆動装置56を反対方向に回転させ所定の幅を掃引する運動を繰り返す。長手方向の掃引76は、間欠的に行うか、上記のような一定速度運動をする必要はない。

【0084】つきに上記第1の実施例の効果を説明する。現在入手可能な出力が500W程度の可視光レーザーである銅蒸気レーザーを用いて水中で表面改質補修（引っ張り応力状態より圧縮応力状態に変える補修）作業を行うことができるため、シユワウト15の溶接線および表面の引っ張り応力状態を圧縮応力状態に変える作業を水中で行うことができ、作業者の被曝を低減することができる。

【0085】レーザーを用いることによりウォータージェット加工と異なり、表面改質作業時の反力の発生は無視できるため遠隔取扱い装置の構造が簡単なもので良い。ジョイントアームシステムと異なり、ウォータージェット加工と異なり、同様に回収が必要なゴミの発生はない。

【0086】レーザージョイントシステム時には、超音波音響が発生するため表面改質作業と同時に作業状況の監視および作業結果の評価を行うことができ、監視および計測のために別途装置を用意する必要がなく、作業の効率を上げることができ、

【0087】なお、上記第1の実施例において、原子炉圧力容器7の上部からライヤ8で吊り上げ、加心9の中心部の上部格子板開孔部11を通過させ、加心支持板12にリンク式アーム13の付いた遠隔補修装置14を設置し、リンク式アーム13の先端に取付けたレーザー照射装置で可視光のパルスレーザー光を一定範囲ずつ鋸歯走査しながら照射してシユワウト15の内表面の加工を行うことができる。

【0088】このようにすれば、上記第1の実施例の作

用と本質的に変わらないが、図3、図4に示すように組歯車19とスクリーネ155の間に電磁クランプ等の切り離し機構と、スクリーネ155をベース等の駆動源力により一回転させ、200μSec程度の中に幅方向掃引ユニット13を元の位置に戻し、その間に長手方向に0.3mm間欠的に移動させる。以下第1の実施例と同様な掃引動作を繰り返す。

【0089】つきに図8から図11を参照しながら本発明の第2の実施例を説明する。図8はガルバノミラー機構使用のレーザースポット揺動走査型レーザー加工装置作業ユニット81の縦断面図である。このユニット81は、長手方向掃引ユニット82、幅方向掃引ユニット83、取付け構造84および光ファイバー接続構造15等で構成されている。

【0090】長手方向掃引ユニット82は、2枚の側板構造85を接続体86とスクリーネ187で接続し、組歯車88を介してスクリーネ187を駆動装置89で駆動する構成である。枠構造90に取り付けられたボールネジ構造91とスクリーネ187を嵌合し、幅方向掃引ユニット83を掃引する構成である。

【0091】幅方向掃引ユニット83は、枠構造92に集光反射鏡93、ガルバノミラー94、第1反射鏡95、駆動装置96、組歯車97等で構成されている。光ファイバー接続構造15は、端部構造64に組レンズ71が押えリンク66を介してスライダ67、押え板68で取り付けられた構造である。

【0092】光ファイバー接続構造15は脱着可能な状態で長手方向掃引ユニット82の側板構造85に取り付けられている。光ファイバー69から射出されたレーザー光70は、組レンズ71で平行光線とされ、第1反射鏡95からガルバノミラー94に照射され、ガルバノミラー94で幅方向に振り、集光反射鏡93に照射し、集光反射鏡93で壁72の上に幅方向に振りながら焦点を結ぶ。

【0093】このスポットの軌跡は図11に示すように円弧状を形成する。長手方向掃引ユニット82に取り付けられた脚73で壁72との距離を一定に保持する。取付け構造84は、長手方向掃引ユニット82の2枚の側板構造85に固定され、図2に示す折りたたみ式アーム13のアーム30先端の補修作業ユニット取付け台20と嵌合する構成である。

【0094】図11はガルバノミラー機構利用のレーザー光スポットの揺動走査概念図で、符号78はレーザー光スポット78、98は掃引軌跡、99が揺動を示している。

【0095】つきに第2の実施例の作用を図8から図11につき説明する。第2の実施例は、原子炉圧力容器7の上部からライヤ8で吊り上げ、加心中央部の上部格子板開孔部11を通過させ、加心支持板12にリンク式アーム13の付いた遠隔補修装置14を設置し、リンク式アーム13の先端に取付けたレーザー照射装置で可視光のパルスレーザー光を一定範囲ずつガルバノミラー94を使用してレーザースポットを揺動走査しながら照射してシユワウト

15の内表面の加工を行う。

【0096】この第2の実施例の作用は第1の実施例と本質的に同様であるが、図46、図47に示した幅方向掃引75をガイドミラー94を正逆転する駆動装置96と組歯車97でその軸周りに揺動させ、シャワーム15表面にレーザー光スポット78の掃引軌跡79を円弧状に描かせ、その間に長手方向に0.5mm間欠的に移動させる。以下第1の実施例と同様な掃引動作を繰り返す(図48参照)。本実施例の効果は第1の実施例と同様なためその説明は省略する。

【0097】つぎに図42から図46を参照しながら本発明の第3の実施例を説明する。図42はホリゾミラー機構使用のレーザー光スポット走査型レーザービーム加工作業ユニット100の正面図である(図42のB-B矢視)。レーザービーム加工作業ユニット100は、取付構造101部で図42に示す折りたたみ式アーム13のアーム30の先端の補修作業ユニット取付20と結合される。

【0098】2枚の端板構造102間には、取付構造101、スクリーン103、スライダ棒104が結合されている。スライダ棒104は、移動板105を貫通し、この移動板105の図413に示すホースネジ106でスクリーン103が結合している。

【0099】駆動装置107を働かせてスクリーン103を回転させ、スライダ棒104をガイドとして移動板105をスライダさせる。移動板105を取付台108から径スクリュー109を介して結合されている。取付台108に取り付けられた車輪形式の脚73を壁面72に押し付けレーザービーム加工作業ユニット100を設定する。

【0100】光ファイバ69で導かれたレーザー光70は、組レンズ110で平行光線とし、偏光ミラー111、ミラー112を介してホリコンミラー113を導き、反射させて壁面72に像を結ぶ。

【0101】ホリコンミラー113と爪114をアクチュエータ115で回転し、シリンドリク116の爪117と爪114を接触させ、小径シリンドリク118の弾性力に抗して爪117と爪114の接触が外れるまでシリンドリク116(a)を移動させ、壁面72へのレーザー光70の照射を幅方向に掃引させる。

【0102】長手方向の掃引は、駆動装置107でスクリーン103を回転し、移動板105を移送させることにより、車輪付き脚73を壁面72に密接して回転移動させて行う。なお、図中符号119はヒームタンク、120はアクチュエータ取付構造を示している。

【0103】図413はホリゾミラー機構使用のレーザー光スポット走査型レーザービーム加工作業ユニット100の側面図である(図412のA-A矢視)。

【0104】図411(a)、(b)はホリコンミラー113を使用したレーザー光スポット走査機構部詳細概念図である。ホリコンミラー113と爪114(114a~114k)はアクチュエータ115により回転し、この回転に伴いシリ

ダ116は爪114と爪117が接触している間は引き上げられ、爪114と爪117が離れると、スプリング118により、もとの位置に戻る構造になっている。

【0105】一方レーザー光70は図示はしないが、光源側でファイバコーンレンズ、ミラー等で照射のON・OFFの切替可能な構造になっており、レーザー光70は偏光ミラー111、ミラー112、ホリコンミラー113で反射され、壁面72に照射する構造になっている。

【0106】また、偏光ミラー111で反射した光をレーザー光70はヒームタンク119により吸収される。なお、図示はしないがヒームタンク119は冷却機により常時冷却されている。

【0107】図415は、ホリコンミラー113使用のレーザー光スポット78の位置概念図で、符号121は掃引軌跡を示している。図416は、ホリコンミラー113使用のレーザー光スポット78の位置概念図で、符号122は第1のミラー、123は第2のミラー、124は第3のミラーを示している。

【0108】つぎに第3の実施例の作用効果を説明する。すなわち、第3の実施例は原子炉炉力容器7の上部からミラー8で吊り下げ、炉心9の中心部の上部格子板開孔部11を通過させ、炉心支持板12にリンク式アーム13の付いた遠隔補修装置14を設置し、リンク式アーム13の先端に取り付けたレーザー照射装置で可視光のハズレレーザー光を一定範囲ずつホリコンミラー113を使用してレーザー光スポット78を走査しながら照射してシャワーム15内表面の加工を行う。

【0109】第3の実施例の作用効果は、本質的には第1の実施例と同様であるが、多面鏡のホリゾミラー113を一定角速度で回転させて鋸歯掃引を行い、同期させてミラー112の高速の原反復動作を行うようにしたものである。

【0110】つぎに図47および図48を参照しながら本発明に係る第4の実施例を説明する。図47は多関節腕利用のレーザー光スポット旋回走査型レーザービーム加工作業ユニット135概念図である。レーザービーム加工作業ユニット135は、旋回構造126、スライダ構造127、光ファイバ接続構造128、取付構造129等で構成され、取付構造129部で図42に示した折りたたみ式アーム13のアーム30の先端の補修ユニット取付20と結合される。

【0111】旋回構造126は、スライダ構造127に取り付けられた駆動装置130で組歯車131を介して旋回される。旋回構造126とスライダ構造127は、ベアリング132構造を介して結合されている。取付構造129はスライダ構造127が結合され、スライダ構造127は、4点駆動の圧入、リンク構造133となっている。

【0112】スライダ構造127には、光ファイバ接続構造128が結合され、光ファイバ69からのレーザー光70を平行光線にする組レンズ110が取り付けられている。平行光線は、第3反射鏡135、第2反射鏡136、第1反

射鏡137で向きを変え、集光反射鏡138で壁72の表面に集光される。

【0113】 旋回構造126を旋回させることにより、図18に示すように小口径のレーザー光スポット78の掃引軌跡139を描き、スライダ構造127を水圧で駆動して長手方向の掃引を行う。図18(図17における装置のレーザースポット旋回走査概念図である。

【0114】 つぎに第4の実施例の作用効果を説明する。すなわち、第4の実施例は図1に示したように原子力圧力容器7の上部からワイヤー8で吊り下げ、中心9の中心部の上部格子板開孔部11を通過させ、中心支持板12にリンク式アーム13を設置し、リンク式アーム13の先端に取付けたレーザー照射装置で可視光のバリスレーザー光スポット78を微小直径の円状に旋回照射しながら長手方向に円状照射を移動させて一定範囲をむすすることにより、図15の表面の加工を行う(図1、図12参照)。

【0115】 第4の実施例の作用効果は、本質的には第1の実施例と同様である。しかし、以下の点が異なる。集光反射鏡138を高速回転させてバリスレーザー光スポット78を微小直径の円状に掃引してシェラウト内表面に照射しながら、水圧駆動シリンダー構造127を用いて長手方向に円状照射を移動させてシェラウト内表面に照射して一定範囲をむすことを繰り返してレーザーを照射してシェラウト内表面の加工を行う点である。

【0116】 第4の実施例によれば、レーザー光スポット78を微小直径の円状に掃引するための掃引時の衝撃等の影響がない。また、先端の構造が円筒形状になっているため水中における回転の流動抵抗を小さくする構造になっている。また、円筒の軸対称に加重のバランスをとる構造にできるため、高速回転に対して構造上問題の発生がない。

【0117】 さらに、水圧駆動シリンダーを用いて長手方向に円状照射を移動させるため、水中での長手方向の移動機構に水密構造を設ける必要がない。したがって、構造を簡単にすることができ、遠隔補修装置の先端に取付ける機器を小形化でき、遠隔補修装置の構造を簡素化できる。

【0118】 つぎに本発明の第5の実施例を説明する。この第5の実施例は、図1に示すように原子力圧力容器7の上部からワイヤー8で吊り下げ、中心9の中心部の上部格子板開孔部11を通過させ、中心支持板12にリンク式アーム13を設置し、リンク式アーム13の先端に取付けたレーザー照射装置で可視光のバリスレーザー光スポット78を第1の実施例で示したX・Y・Z・スライダ機構、第2の実施例で示したカルパスキー94、第3の実施例で示したボリゾミラー113、第4の実施例で示した微小直径の円状に旋回機構付伸縮部等の走査を用いて、シェラウト内表面の切り欠き形状の切り欠き先端部の同一軌跡上に繰り返しレーザー光を照射して水中でストロークボ-

ルを形成する装置と方法に関するものである。

【0119】 第5の実施例の作用は、本質的には第1から第4の実施例と同様である。しかし、以下の点が異なる。シェラウト内表面の切り欠き形状の切り欠きの先端部に円形状の軌跡上に繰り返しレーザーを照射して水中でストロークボルを形成する点である。

【0120】 本第5の実施例によれば水中で直接作業ができるため、本排除機構を備えたレーザー照射装置を用いる必要がなく、容易に亀裂の先端にストロークボルを形成でき、応力集中が緩和され亀裂進展が抑止され原子力圧力容器を長寿命化させるのに効果がある。

【0121】

【発明の効果】 本発明によれば、金属表面の応力状態を所定の値に変化することにより、構造材が応力腐食損傷を行わず、機器の寿命を長寿命化することができる表面改質装置と方法を提供することができる。

【0122】 軽水冷却原子力の原子力上部室に設置されているシェラウトと原子力容器の間にあるシェラウトは、ライサートレースアーム、ライサート管、シェラウトの外面、シェラウトの内外面、シェラウトの内外表面、原子力容器内表面、CRDのウレタン外表面等の応力状態を圧縮応力状態にすることを容易に行える遠隔点検補修装置および方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る原子力内構造物の補修方法およびその装置の第1の実施例を示す縦断面図。

【図2】 図1において、レーザー照射装置としてのレーザービームの作業領域を示す縦断面図。

【図3】 図1において使用するX・Y・Z・スライダ機構利用のレーザービームの掃引動作型レーザービームの作業領域を示す縦断面図で、図4のC-C矢視方向を示す。

【図4】 図3においてA-A矢視方向から見た平面図。

【図5】 図3においてB-B矢視方向から切断して示す横断面図。

【図6】 図3におけるX・Y・Z・スライダ機構利用のレーザービームの掃引動作概念図。

【図7】 図3におけるX・Y・Z・スライダ機構利用のレーザービームの掃引動作概念図。

【図8】 本発明に係る第2の実施例におけるカルパスキー機構使用のレーザー光スポットの掃引動作型レーザービームの作業領域を示す縦断面図で、図10のC-C矢視方向を示す。

【図9】 図8においてA-A矢視方向から見た平面図。

【図10】 図8においてB-B矢視方向から切断した横断面図。

【図11】 図8における装置でのカルパスキー機構利用のレーザー光スポットの掃引動作概念図。

【図12】 本発明に係る第3の実施例におけるボリゾミラー機構使用のレーザー光スポットの掃引動作型レーザービ-

17

ービーム作業者ユニットを示す正面図で、図13のB-B矢視方向を示す。

【図13】図12におけるA-A矢視方向から見た側面図。

【図14】(a)は図13におけるB-B矢視方向を拡大して示す側面図で、(b)はD-D矢視方向を示す。

(b)は(a)のC-C矢視方向を切断して示す横断面図。

【図15】図12におけるポリゴミラー機構利用のレーザー光スポット鋸歯状走査の第1の例を示す概念図。

【図16】図12におけるポリゴミラー機構利用のレーザー光スポット鋸歯状走査の第2の例を示す概念図。

【図17】本発明に係る第4の実施例における多関節腕利用のレーザー光スポット巡回走査型レーザービームビーム作業者ユニットを示す縦断面図。

【図18】図17における多関節腕利用のレーザー光スポット巡回走査を示す概念図。

【図19】(a)はレーザービーム法による原理を説明するための模式図、(b)は加工の状態を示す模式図。

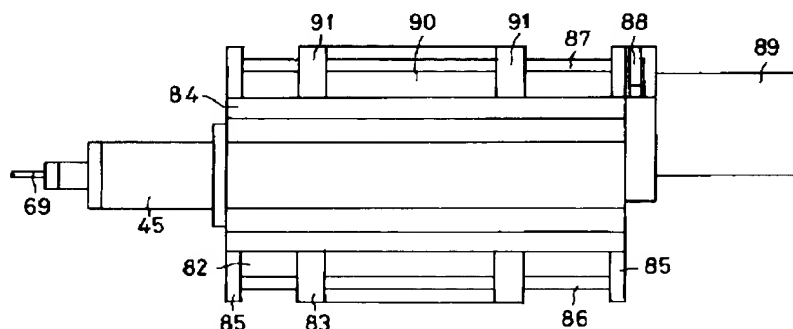
【符号の説明】

1…透明液体、2…被加工物、3…パルスレーザー光、4…プラズマ、5…衝撃力、6…圧縮残留応力、7…原子力容器、8…ワイヤ、9…か心、10…上部格子板、11…上部格子板開口部、12…か心支持板、13…ピンク式アーム、14…遠隔補修作業装置、15…シールド、16…上部ケース、17…下部ケース、18…か心支持板開口部、19…制御棒駆動装置ハウジング、20…補修作業装置取り付け台、21…上部ケース案内装置、22…下部ケース案内装置、23…固定用脚、24…補修作業ユニット搬送装置、25…据付け案内装置、26…隔壁、27…原子力ビーム、28…上部格子板上方室、29…エアシリンダ、30…アーム、31…ワイヤ、32…滑車、33…スプリング、34、35…エアシリンダ、36…結合棒、37…上部ベアリング、38…組歯車、39…モータ、40…下部ベアリング、41…レーザービーム作業者ユニット、42…長手方向掃引ユニット、

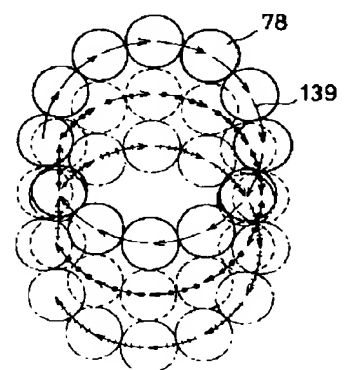
18

*ト、43…幅方向掃引ユニット、44…取付け構造、45…光ファイバー接続構造、46…第1の側板構造、47…接続棒、48…スクリーン、49…組歯車、50…第1の駆動装置、51…第2の側板構造、52…ボクセル構造、53…接続構造、54…接続棒、55…スクリーン、56…第2の駆動装置、57…棒構造、58…スクリーン構造、59…棒構造、60…集光反射鏡、61…第1反射鏡、62…第2反射鏡、63…第3反射鏡、64…端部構造、65…組インジ、66…押しピン、67…スプリング、68…押し板、69…光ファイバー、70…レーザー光、71…組インジ、72…壁、73…脚、74…取付け構造、75…幅方向掃引、76…長手方向掃引、77…スプリング、78…レーザー光、79…矩形波状掃引軌跡、80…鋸歯状軌跡、81…レーザービーム作業者ユニット(カルバミド使用)、82…長手方向掃引ユニット、83…幅方向掃引ユニット、84…取付け構造、85…2枚の側板、86…接続棒、87…スクリーン、88…組歯車、89…駆動装置、90…棒構造、91…ボクセル構造、92…棒構造、93…集光反射鏡、94…カルバミド、95…第1反射鏡、96…駆動装置、97…組歯車、98…掃引軌跡、99…掃引、100…レーザービーム作業者ユニット(ポリゴミラー使用)、101…取付け構造、102…2枚の端板構造、103…スクリーン、104…スクリーン棒、105…移動板、106…スクリーン、107…駆動装置、108…取付け台、109…大径スプリング、110…組インジ、111…偏光ミラー、112…ミラー、113…ポリゴミラー、114…爪、115…アクチュエータ、116…シリンダ、117…シリンダの爪、118…小径スプリング、119…ヒームタック、120…アクチュエータ取付け構造、121…掃引軌跡、122…第1のミラー、123…第2のミラー、124…第3のミラー、125…レーザービーム作業者(多関節腕利用)、126…巡回構造、127…スライダ構造、128…光ファイバー接続構造、129…取付け構造、130…駆動装置、131…組歯車、132…スプリング、133…木圧シリンダ構造、134…組インジ、135…第3反射鏡、136…第2反射鏡、137…第1反射鏡、138…集光反射鏡、139…掃引軌跡

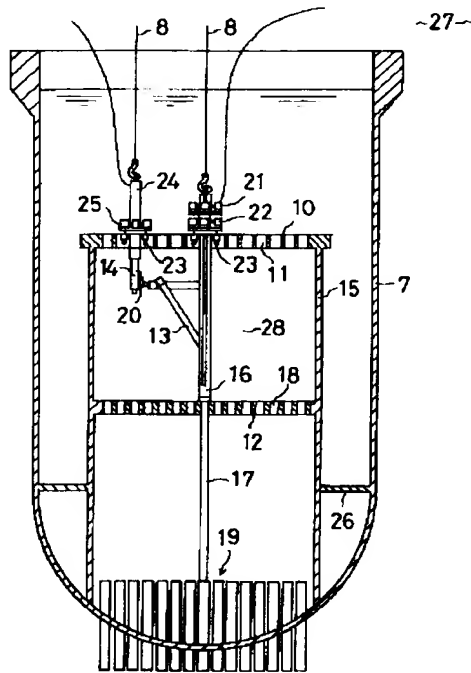
【図9】



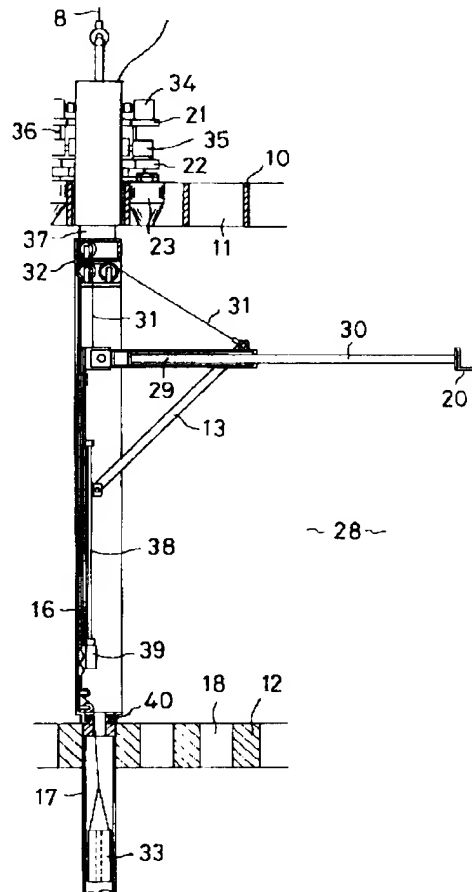
【図18】



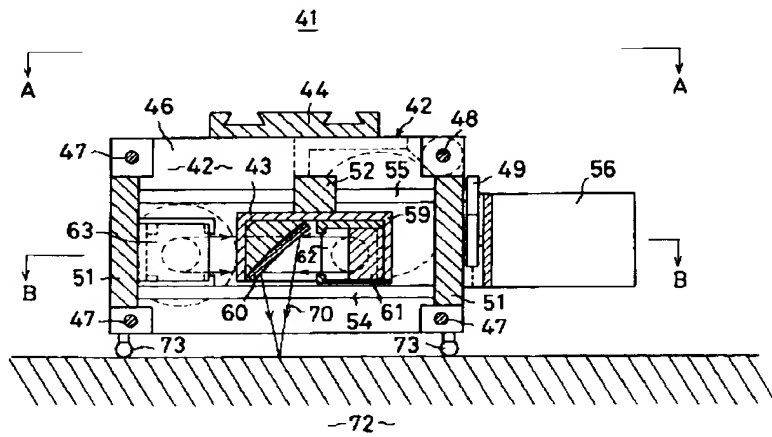
【図1】



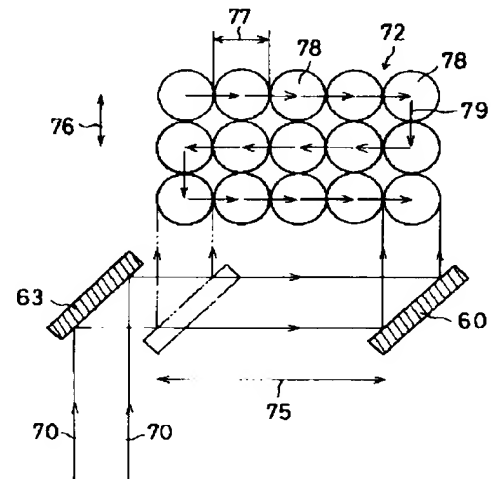
【図2】



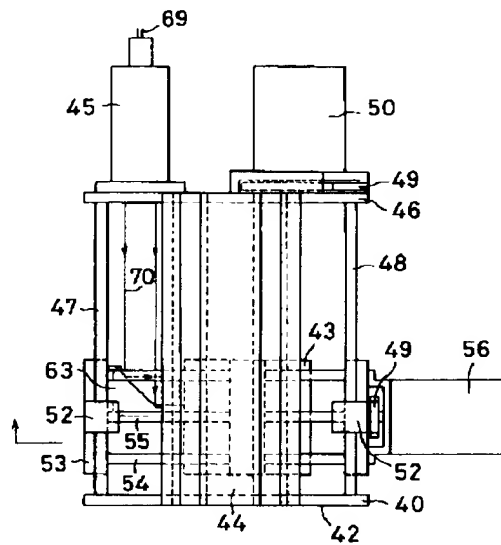
【図3】



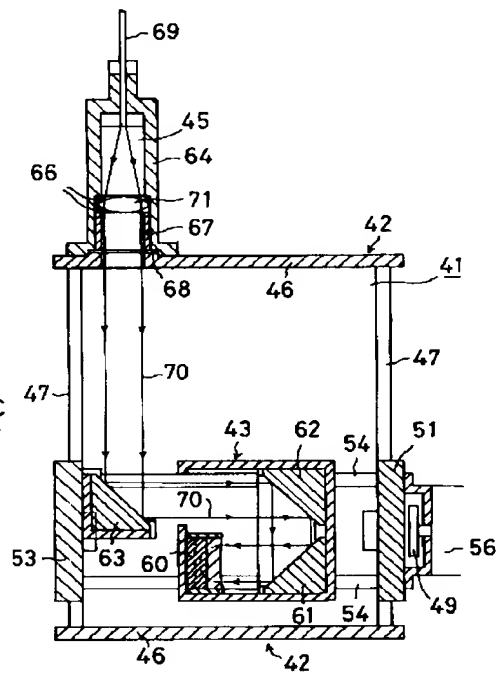
【図6】



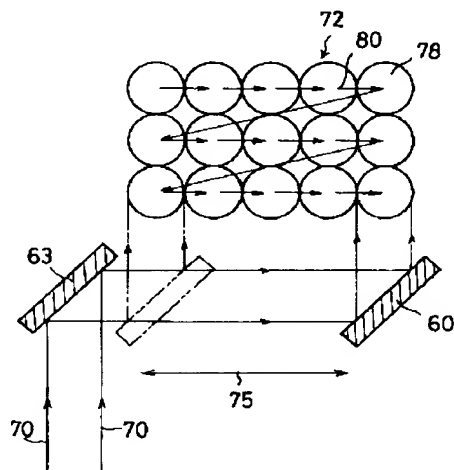
【図4】



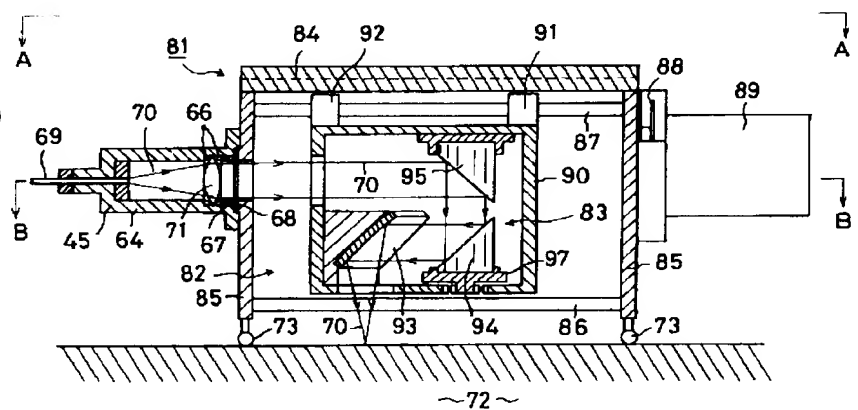
【図5】



【図7】

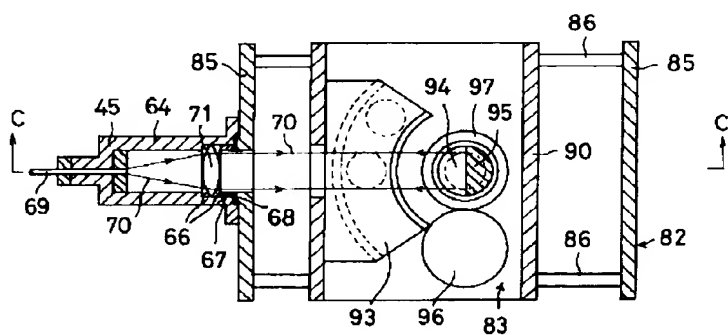


【図8】

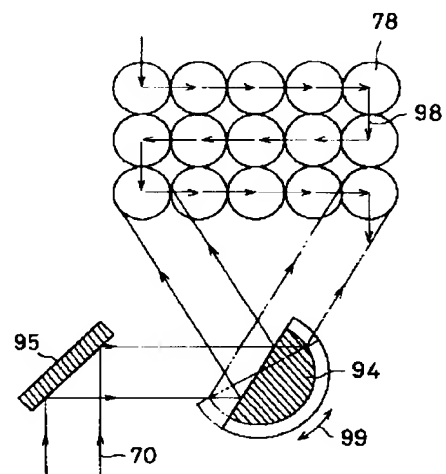


~ 72 ~

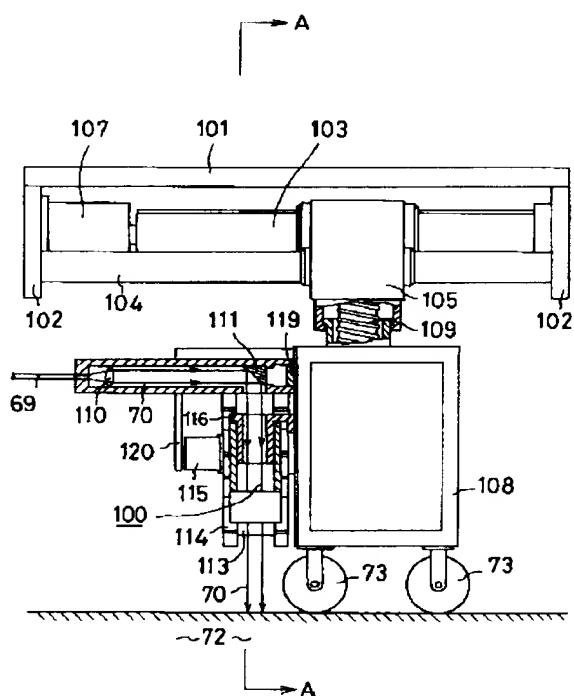
【図10】



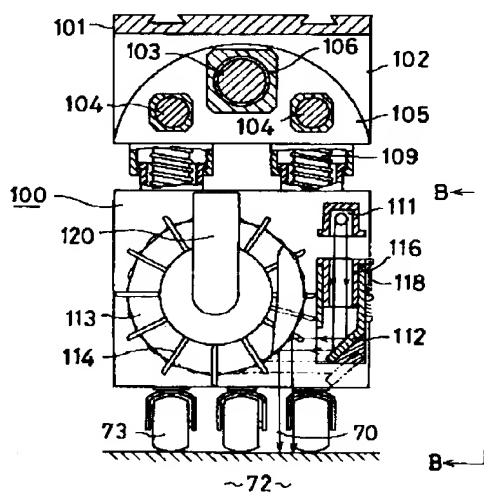
【図11】



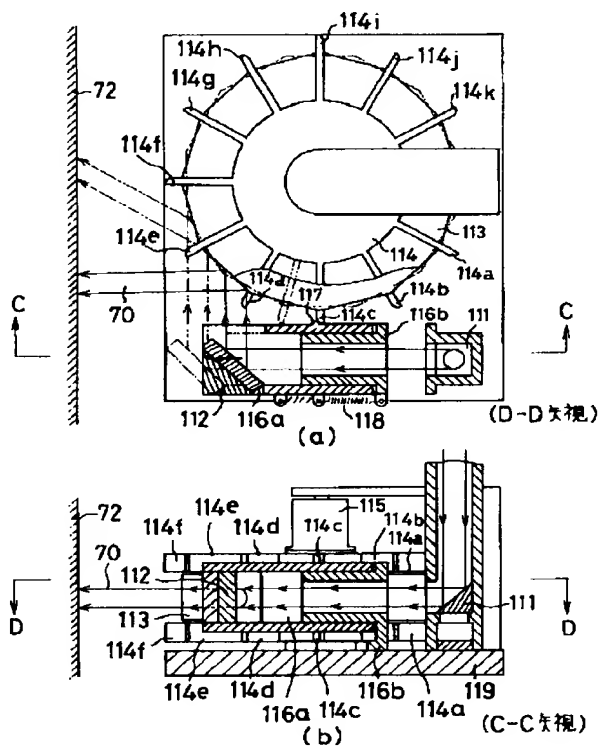
【図12】



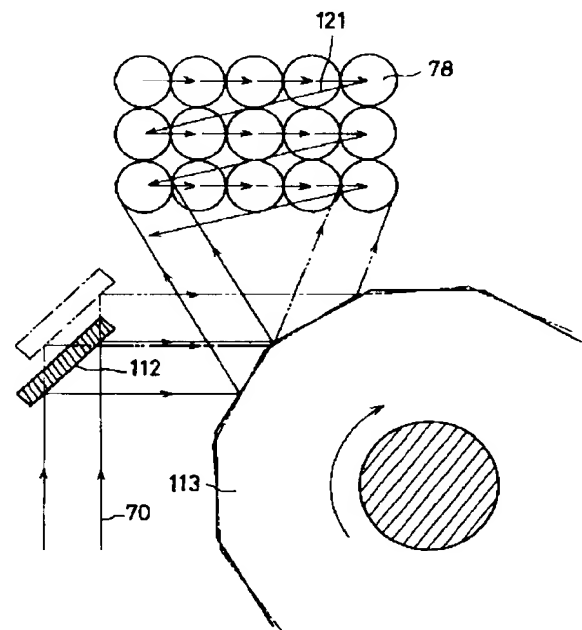
【図13】



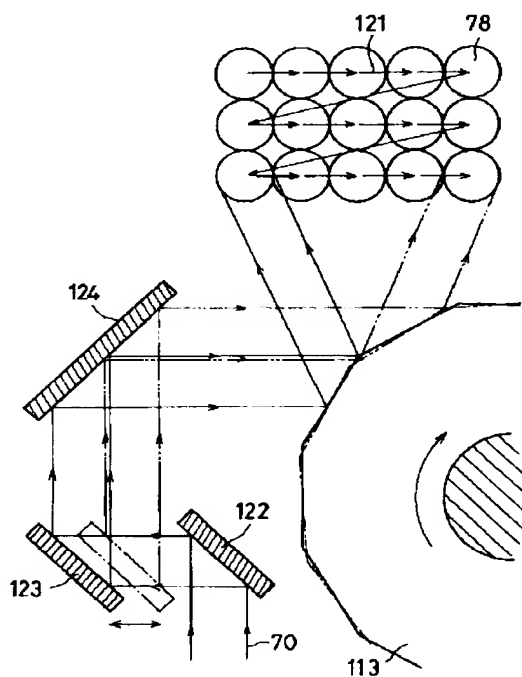
【図14】



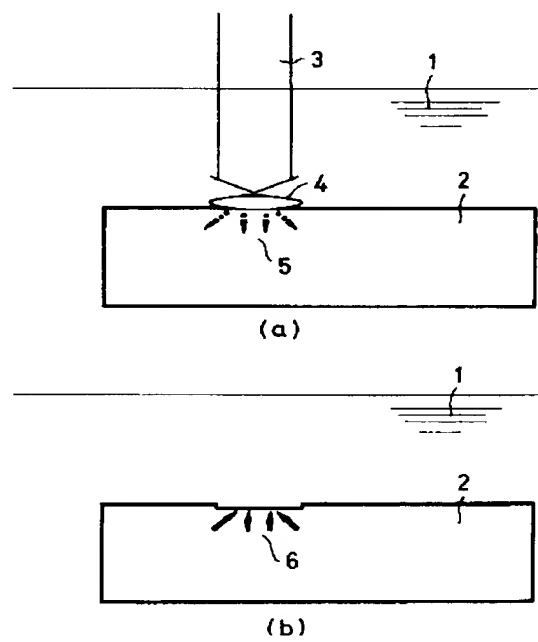
【図15】



【図16】



【図19】



(72) 発明者 佐藤 勝彦
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内